粗饲料组合效应对斯布牦牛营养物质表观消化率的影响

廖阳慈[1,2]　鲍宇红[1,2]　陈少峰[2]　参木友[1,2*]

（1.青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室，拉萨　850009；2.西藏自治区农牧科学院草业科学研究所，拉萨　850009）

摘　要：本试验旨在研究 3 种粗饲料（燕麦草、青贮玉米和苜蓿，其中苜蓿添加比例恒定为 10%，青贮玉米+燕麦草添加比例恒定为 60%）饲喂斯布牦牛的组合效应，并对不同组合饲粮进行营养物质表观消化率测定，筛选出适宜斯布牦牛采食的组合饲粮。选用体重相近的干奶期斯布牦牛 30 头，随机分为 5 组，每组设 2 个重复，每个重复 3 头牦牛，开展消化试验。配制 5 种试验饲粮，其组成如下：Ⅰ组，60%燕麦+10%苜蓿+30%精料；Ⅱ组，45%燕麦+15%青贮玉米+10%苜蓿+30%精料；Ⅲ组，30%燕麦+30%青贮玉米+10%苜蓿+30%精料；Ⅳ组，15%燕麦+45%青贮玉米+10%苜蓿+30%精料；Ⅴ组，60%青贮玉米+10%苜蓿+30%精料。结果显示：Ⅲ组的采食量、总增重最高，料重比最低。Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组粗蛋白质和粗灰分表观消化率显著高于Ⅳ、Ⅴ组（$P<0.05$）；Ⅳ组中性洗涤纤维表观消化率显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组（$P<0.05$）；Ⅲ组酸性洗涤纤维表观消化率显著高于其他各组（$P<0.05$）；Ⅰ、Ⅱ组钙表观消化率显著高于Ⅴ组（$P<0.05$）；Ⅳ组总磷表观消化率显著高于Ⅱ、Ⅴ组（$P<0.05$）。以青贮玉米添加比例作为自变量（X），以粗蛋白质和中性洗涤纤维表观消化率分别作为因变量（Y）去拟合模型，得到三次方程，自变量与因变量之间均呈强相关关系，相关系数（R^2）分别为 0.987 和 0.937。由此得出，燕麦草与青贮玉米的混合饲喂对斯布牦牛营养物质表观消化率具有组合效应，当青贮玉米添加比例为 30%、燕麦草添加比例为 30%时，斯布牦牛的料重比、

收稿日期：2018-02-08

基金项目：国家肉牛牦牛产业技术体系拉萨试验站（CARS-37）

作者简介：廖阳慈（1990—），男，四川眉山人，助理研究员，硕士，从事优质草产品加工与高效利用研究。E-mail： janney520120@qq.com

*通信作者：参木友，研究员，E-mail： tsamyu122@163.com

增重及饲粮中各营养物质的表观消化率达到较好的效果，尤其是蛋白质和纤维的利用。

关键词：斯布牦牛；消化试验；表观消化率；组合效应

中图分类号：S816.4　　文献标志码：A　　文章编号：

斯布牦牛具有抗寒能力强、体质强健、肉质好、适于放牧和较粗放的管理等优点，但其胴体脂肪率高、皮较厚、后腿肌肉不发达、增重较慢是制约其市场化发展的主要缺点。邓由飞等[1]调查了斯布牦牛的体尺和体重，发现斯布牦牛的品种特征和与之相关的生产性能指标正在退化。邓由飞等[2]对斯布牦牛群不同月龄组分布和性别比例的调查结果发现，斯布牦牛群在年龄结构、性别结构和生产结构上严重比例失调，经济性状指标低下，根源是营养缺乏。郝力壮等[3]、文勇立等[4]对放牧母牦牛简单的补饲青干草，能使母牦牛在冷季少减重，犊牛初生重高、犊牛成活率、犊牛日增重都有所提高。饲粮营养水平低、饲粮结构不合理、饲养管理水平较低等传统放牧普遍存在的问题仍然是制约西藏牦牛养殖业进一步发展的主要因素。因此，饲粮配合技术是解决饲养牦牛生产根源问题的基础，合理的精料投入及其与粗饲料的配比对优化瘤胃环境及维持乳脂率具有潜在的益处。但现行的动物饲粮配合技术存在着明显缺陷，其基本特点是假定饲粮的营养价值可通过各组成饲料营养价值的累加值估计，而不考虑饲料之间或营养措施之间存在的互作效应。人们逐渐发现饲料各组成部分的活动性质和方式加起来并不能说明高一级水平的活动性质和方式[5]。

因此，本试验拟研究适宜斯布牦牛采食的具有正组合效应的饲粮配比，并对不同配比下营养物质的表观消化率进行测定，筛选出最佳组合效应并适宜斯布牦牛采食的组合饲粮，以期能改善斯布牦牛的营养状况，提高斯布牦牛体重增长率和养殖周转率，从而增加斯布牦牛的养殖经济效益，促进农户增收。

1　材料与方法

1.1　试验材料

燕麦、苜蓿、青贮玉米和精料，均购于拉萨市赫贝齐有限责任公司。

1.2　试验时间与地点

试验于 2016 年 9 月开展，在西藏拉萨市曲尼帕牦牛试验基地进行。

1.3　试验动物

试验动物为西藏曲尼帕牦牛试验基地内体重在 180～220 kg、年龄在 3～5 岁的 30 头干奶期斯布牦牛。

1.4　试验设计

将体重相近的 30 头干奶期斯布牦牛随机分为 5 组，每组设 2 个重复，每个重复 3 头牦牛，开展消化试验。应用 3 种粗饲料（燕麦、苜蓿、青贮玉米），配制 5 种不同粗饲料组合的试验饲粮。各组合饲粮精粗比均为 7:3。5 种试验饲粮的组成见表 1。除青贮玉米外，表 1 中原料配比均以干物质为基础，各组饲粮按照此配比完全混合后饲喂，燕麦和苜蓿均为未加工的青干草。精料组成见表 2，试验饲粮营养水平见表 3。预试期 15 d，正试期 15 d，共计 30 d。在正式试验开始前和结束后晨饲前各称重 1 次，同时记录每日的投料量和剩料量，用全收粪法采集粪样并称重。

表 1　试验饲粮组成

Table 1　Composition of experiment diets　　%

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
燕麦 Oat	60	45	30	15	
青贮玉米 Silage corn		15	30	45	60
苜蓿 Alfalfa	10	10	10	10	10
精料 Concentrate	30	30	30	30	30
合计 Total	100	100	100	100	100

表 2　精料配比（干物质基础）

Table 2　Composition of concentrated feed （DM basis）　　%

项目 Items	含量 Content

玉米 Corn	35
豆粕 Soybean meal	21
青稞 Highland barley	12
玉米胚芽 Maize embryo	12
小麦麸 Wheat bran	8
次粉 Wheat middling	5
糖蜜 Molasses	2
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	2
食盐 NaCl	1
预混料 Premix	2
合计 Total	100

每千克预混料含有 Contained the following per kg of premix：VA 450 000 IU，VB_1 500 mg，VD_3 120 000 IU，VE 2 800 mg，VB_2 800 mg，VB_{12} 5 mg，泛酸 pantothenic acid 180 mg，*D*-生物素 *D*-biotin 80 mg，烟酰胺 nicotinamide 3000 mg，β-胡萝卜素 β-carotene 180 mg，瘤胃素 Rumensin 800 mg，Cu 950 mg，Fe 1 100 mg，Mn 1 500 mg，Zn 4 200 mg，Co 8 mg，Se 32 mg，I 70 mg，K 60 g，Mg 53 g，P 50 g，Ca 250 g。

表 3　试验饲粮营养水平（干物质基础）

Table 3　Nutrient levels of experiment diets　（DM basis）　%

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
粗蛋白质 CP	8.10	8.46	8.93	9.11	9.31
酸性洗涤纤维 ADF	50.99	49.17	50.62	50.74	50.56
中性洗涤纤维 NDF	67.73	66.76	67.52	67.04	66.73
粗灰分 Ash	12.62	12.37	13.10	14.26	13.39
钙 Ca	1.56	1.80	1.57	1.75	1.59
总磷 TP	0.62	0.47	0.51	0.56	0.43
总能 GE/（MJ/kg）	17.45	17.80	18.33	18.30	18.36

1.5　饲养管理

试验牦牛均采用舍饲（自由采食和饮水），试验开始前对准备试验的牛统一编号，打耳牌、注射免疫疫苗，进行驱虫处理。其他消毒免疫程序按牛场饲养管理进行，每天打扫卫生，载畜消毒每周进行 1 次。

1.6 测定指标户方法

对饲粮和粪样进行常规营养物质含量测定分析。根据 GB/T 6438-2007 测定粗灰分的含量，根据 GB/T 6432-1994 采用半微量凯氏定氮仪测定粗蛋白质的含量，根据 GB/T 6434-1994 测定中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的含量，根据 GB/T 6437-2002 测定总磷的含量，采用乙二胺四乙酸二钠滴定法测定钙的含量，能量采用完全氧化燃烧法使用氧弹式测热计(Bomb Calorimeter)测定，仪器设备和详细分析方法参照文献[6]。根据下面的公式计算各营养物质表观消化率：

某营养物质表观消化率(%)=100×[食入该营养物质的量（g）-粪中该营养物质的量（g）]/食入该营养物质的量（g）。

1.7 组合效应计算方法

组合效应指的是混合饲粮中营养成分间的相互作用，这种作用导致动物对某一种饲料或饲粮的采食量或利用率获得提高（正组合效应）或降低（负组合效应）[5]。本试验中各试验饲料组合效应的计算参考 Zhang 等[7]的方法。

计算公式：组合效应值=100×（实测值-加权估算值）/加权估算值。

公式中：实测值为实际测定的样品某营养物质的表观消化率；加权估算值=A 饲料实测值×A 饲料配比+B 饲料实测值×B 饲料配比。

本试验目的是在目前的饲养水平和条件下，探讨燕麦和青贮玉米之间的组合效应，不考虑精料、苜蓿和另外 2 种原料之间产生的组合效应。用 A 表示燕麦和 B 表示青贮玉米，而精料和苜蓿的添加比例恒定，分别为 30%和 10%，精料和苜蓿消化率可以用常数 a 替代。Ⅰ组和Ⅴ组各营养物质表观消化率实测值（作为单一饲料的实测值）可以表达为：Ⅰ组某营养物质表观消化率实测值①=A×60%+a，Ⅴ组某营养物质表观消化率实测值⑤=B×60%+a。

因此，按照不同组合的原料配比，Ⅱ（②）、Ⅲ（③）和Ⅳ组的加权估算值（④）分别为:②=①×0.75+⑤×0.25，③=①×0.5+⑤×0.5 和④=①×0.25+⑤×0.75。把各组实测值和

相应加权估算值带入组合效应计算公式可以得到各组的组合效应值。

1.8　相关性分析方法

以青贮玉米添加比例作为自变量（*X*），粗蛋白质表观消化率（或中性洗涤纤维表观消化率）作为因变量（*Y*）去拟合模型，包括线性、二次、三次、复合、增长、指数和逻辑斯谛（Logistic）7 种不同的模型方程，计算出相关系数（R^2），得出本试验最适合的相关性分析模型。

1.9　数据处理和分析

试验数据用平均值±标准差表示，采用 SPSS 21.0 统计软件分析和建模，使用 SPSS 21.0 软件中的 ANOVA 过程进行单因素方差分析，P＜0.05 为差异显著，差异显著时则采用 Duncan 氏法进行多重比较。

2　结果与分析

2.1　试验牦牛采食与增重

由表 4 可知，采食量和干粪重：Ⅱ、Ⅴ组显著高于Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ组（P<0.05），Ⅱ组与Ⅴ组之间差异不显著（P>0.05）；料重比：Ⅲ组最低，达到 7.36，显著低于其他各组（P<0.05）；Ⅴ组次之，为 9.19，显著低于Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ组（P<0.05）；总增重：Ⅰ组最低，为 1.86 kg，显著低于Ⅱ（2.47 kg）、Ⅲ（2.75 kg）、Ⅳ（2.44 kg）和Ⅴ组（2.32 kg）（P<0.05），同时Ⅴ组显著低于Ⅲ组（P<0.05）。

表 4　试验牦牛采食与增重

Table 4　Feed intake and weight gain of experimental yak

项目 Items	组别 Groups				
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
采食量 FI/（kg/d）	5.51±0.31^{a}	4.62±0.42^{b}	5.64±0.43^{a}	5.55±0.48^{a}	4.73±0.51^{b}
干粪重 Dry manure weight/（g/d）	4 993.33±369.77^{a}	4 187.75±327.89^{b}	4 913.46±399.51^{a}	5 030.56±304.49^{a}	4 215.45±211.75^{b}
料重比 F/G	10.66±0.61^{a}	10.68±0.86^{a}	7.36±0.71^{c}	10.68±0.74^{a}	9.19±0.96^{b}

总增重 TBWG/kg	1.86±0.32[c]	2.47±0.21[ab]	2.75±0.24[b]	2.44±0.43[ab]	2.32±0.27[a]

同行数据肩标相同小写字母表示差异不显著（P>0.05），不同小写字母表示差异显著（P<0.05）。表 5 和表 6 同。

Values in the same row with the same small letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as Table 5 and Table 6.

2.2 试验牦牛营养物质表观消化率

由表 5 可知，粗蛋白质表观消化率：Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组显著高于Ⅳ、Ⅴ组（P<0.05）；中性洗涤纤维表观消化率：Ⅱ组最低，为 16.85%，显著低于其他各组（P<0.05），Ⅳ组最高，为 29.05%，显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组（P<0.05）；酸性洗涤纤维表观消化率：Ⅲ组最高，为 18.53%，显著高于其他各组（P<0.05）；粗灰分表观消化率：Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组显著高于Ⅳ、Ⅴ组（P<0.05）；钙表观消化率：Ⅴ组最低，为 70.29%，显著低于Ⅰ、Ⅱ组（P<0.05）；总磷表观消化率：Ⅳ组最高，为 81.39%，显著高于Ⅱ、Ⅴ组（P<0.05）。

表 5 试验牦牛营养物质表观消化率

Table 5 Nutrient apparent digestibility of experimental yak %

项目 Items	组别 Groups				
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
粗蛋白质 CP	39.25±3.65[a]	42.87±3.84[a]	38.42±4.28[a]	28.97±3.52[b]	29.56±4.15[b]
中性洗涤纤维 NDF	25.87±1.84[b]	16.85±1.68[c]	24.98±2.36[b]	29.05±2.64[a]	28.00±3.15[ab]
酸性洗涤纤维 ADF	14.17±1.12[b]	13.22±0.78[b]	18.53±1.35[a]	15.84±1.84[b]	15.18±1.92[b]
粗灰分 Ash	58.93±4.26[a]	55.96±4.95[a]	53.61±5.49[a]	40.83±5.65[b]	44.45±4.92[b]
钙 Ca	78.22±8.42[a]	78.54±8.17[a]	72.86±8.58[ab]	74.81±9.31[ab]	70.29±9.06[b]
总磷 TP	78.08±7.72[ab]	73.97±8.19[b]	78.74±9.34[ab]	81.39±9.93[a]	73.06±9.28[b]

2.3 燕麦与青贮玉米添加比例对各营养物质表观消化率的组合效应

由表 6 可知，在燕麦与青贮玉米的组合中，3 个比例组合的各营养物质表观消化率组合效应值相互之间均差异显著(P<0.05)；燕麦青干草与青贮玉米的组合对粗蛋白质表观消化率的组合效应值随着青贮玉米添加比例的增加而减少，对中性洗涤纤维、总磷表观消化率的组

合效应值随着青贮玉米添加比例的增加而增加，对酸性洗涤纤维、粗灰分表观消化率的组合效应值随着青贮玉米添加比例先增加后减少，对钙表观消化率的组合效应值随着青贮玉米添加比例的增加先减少后增加。当燕麦与青贮玉米添加比例均为30%时，各营养物质表观消化率综合组合效应值达到最大。

表 6　燕麦与青贮玉米添加比例对各营养物质表观消化率的组合效应

Table 6　Combination effect of oat and silage corn adding proportions on apparent digestibility of each nutrient

项目 Items	组别(燕麦：青贮玉米) Groups （oat：silage corn)		
	Ⅱ(45:15)	Ⅲ(30:30)	Ⅳ(15:45)
粗蛋白质 CP	16.41±1.72[a]	11.67±0.97[b]	-9.42±1.26[c]
中性洗涤纤维 NDF	-36.18±3.25[a]	-7.26±0.54[b]	5.76±0.65[c]
酸性洗涤纤维 ADF	-8.34±0.41[a]	26.27±2.11[b]	6.11±0.70[c]
粗灰分 Ash	1.18±0.17[a]	3.71±0.18[b]	-15.06±1.46[c]
钙 Ca	3.02±0.48[a]	-1.88±0.18[b]	3.51±0.46[c]
总磷 TP	-3.72±0.99[a]	4.19±0.49[b]	9.52±1.17[c]

2.4　燕麦与青贮玉米添加比例对粗蛋白质和中性洗涤纤维表观消化率的相关性分析

根据不同燕麦和青贮玉米比例对牦牛营养物质表观消化率影响的试验结果，以青贮玉米添加比例作为自变量（X），粗蛋白质表观消化率作为因变量（Y）去拟合模型，通过 7 种不同的模型拟合（表 7），可以看出三次方程的 R^2 值最高，即 Y=39.079+0.854X-0.044X^2+0.000447X^3（R^2=0.987）(X 和 Y 的计量单位：%)为本试验最适合的相关性分析模型。可知，当青贮玉米添加比例在 10%~20%、燕麦添加比例在 40%~50%时粗蛋白质的表观消化率达到最高（青贮玉米+燕麦占饲粮比例恒定为 60%，下同）。

表 7　模型汇总和参数估计值

Table 7　Model collection and parameter estimation value

方程 Equation	模型汇总 Model collection	参数估计值 Parameter estimation value

	相关系数 R^2	F值 F-value	自由度1 df1	自由度2 df2	P值 P-value	常数 Constant	b1	b2	b3
线性 Linear	0.718	7.631	1	3	0.070	42.471	-0.222		
二次 Quadratic	0.774	3.434	2	2	0.226	40.889	-0.011	-0.004	
三次 Cubic	0.987	24.823	3	1	0.146	39.079	0.854	-0.044	0.000447
复合 Composite	0.726	7.950	1	3	0.067	42.850	0.994		
增长 Growth	0.726	7.950	1	3	0.067	3.758	-0.006		
指数 Exponential	0.726	7.950	1	3	0.067	42.850	-0.006		
逻辑斯谛 Logistic	0.726	7.950	1	3	0.067	0.023	1.006		

用同样的方法，青贮玉米添加比例作为自变量（X），中性洗涤纤维表观消化率作为因变量（Y）去拟合模型，可以得到以下方程 Y=25.582-1.18X+0.053X^2-0.001X^3（R^2=0.937）。可知，当青贮饲料添加比例在 50%、燕麦添加比例在 10%时中性洗涤纤维的表观消化率达到最高；当青贮玉米添加比例在 15%、燕麦添加比例在 45%时中性洗涤纤维的表观消化率达到最低。

3 讨 论

3.1 燕麦与青贮玉米添加比例对斯布牦牛采食和增重的影响

从结果可以看出，在消化试验中，II 组斯布牦牛的采食量表现最低，为 4.62 kg/d，不过从节约饲粮的角度考虑，III组斯布牦牛的饲料转化率表现最佳，为 12.88%；从总增重看，II 组为 2.47 kg、III组为 2.75 kg，与 I 组的 1.86 kg 相比较均差异显著；此外，消化试验中各组均表现出较好的增重情况，这与王威等[8]、马登录等[9]、周立业[10]得出的对生长牦牛补充精料有利于提高生产性能的结论是一致的。

3.2 燕麦与青贮玉米添加比例对斯布牦牛营养物质表观消化率的影响

从消化试验中各营养物质表观消化率看，I 、II 和III组的粗蛋白质表观消化率分别为 39.25%、42.87%和 38.42%，均高于IV（28.97%）和V 组（29.56%）；纤维（包括：酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维）的表观消化率情况正好相反，IV和V 组均高于 I 、II 和III组，消化

能以III组最高，为 12.29 MJ/kg。随着青贮玉米逐级替代燕麦，粗蛋白质的表观消化率与粗纤维的表观消化率呈现出反比关系。分析可能是青贮玉米的菌群对纤维的利用有促进作用，而随着菌群的繁殖，会通过一系列代谢活动合成菌体蛋白或胺类代谢物质，补充试验牦牛的蛋白质需求，进而试验牦牛对饲料中蛋白质的需求依赖性降低，因此，表观上粗蛋白质的消化率呈降低态势。

3.3 燕麦与青贮玉米添加比例对斯布牦牛营养物质表观消化率组合效应的影响

当青贮玉米添加比例在 10%～20%、燕麦添加比例在 40%～50%时，粗蛋白质的表观消化率达到最高，当青贮玉米添加比例在 50%、燕麦添加比例在 10%时，中性洗涤纤维的表观消化率达到最高，但是III组（30%燕麦+30%青贮玉米）在各指标上均表现出较好的态势，分析可能是青贮玉米的添加会增强瘤胃对中性洗涤纤维的利用率，而降低饲粮中蛋白质的依赖性，存在正组合效应[11]。史良[12]在奶牛饲粮中粗蛋白质与中性洗涤纤维间组合效应的研究中也证明粗蛋白质与中性洗涤纤维间组合出现显著的正组合效应。袁翠林等[13]、孙国强等[14]利用体外瘤胃发酵法研究青贮玉米与豆秸、花生秧、羊草等粗饲料组合，发现青贮玉米与多数粗饲料具有较好的组合效应。

经过模型拟合和相关性分析，青贮玉米和燕麦这 2 种饲料原料对斯布牦牛粗蛋白质和中性洗涤纤维的表观消化率存在组合效应。为达到粗蛋白质与中性洗涤纤维表观消化率比较平衡的状态，综合分析得出青贮玉米适宜添加比例为 30%，燕麦适宜添加比例为 30%，这更验证了III组（30%燕麦+30%青贮玉米）斯布牦牛的料重比、增重及饲粮中各营养物质的表观消化率，尤其是粗蛋白质和中性洗涤纤维的表观消化率均能达到较好的效果的正确性。

整体看，青贮玉米与燕麦组合具有正的组合效应。本试验只是简单的把青贮玉米与燕麦进行组合，组合比例也不够精细，如果把燕麦和全株玉米进行混合青贮可能具有更好的效果，如郭婷等[15]把燕麦与全株玉米按质量比为 3：7 混合青贮，该青贮料的酸性洗涤纤维含量较

低，粗蛋白质和无氮浸出物含量较高，具有较高的营养价值。

4 结 论

燕麦与青贮玉米的混合饲喂对斯布牦牛营养物质表观消化率具有组合效应，当青贮玉米添加比例为30%、燕麦添加比例为30%时，斯布母牦牛的料重比、增重及饲粮中各营养物质的表观消化率达到较好的效果，尤其是蛋白质和纤维的利用。

参考文献：

[1] 邓由飞,王建,孟庆翔,等.从斯布牦牛的饲养情况及体况指标看西藏牦牛的现状[J].中国畜牧杂志,2015,51(增刊):20–22.

[2] 邓由飞,王建,孟庆翔,等.从斯布村调查数据看西藏牦牛业的问题和发展潜力[J].中国畜牧杂志,2015,51(增刊):15–19.

[3] 郝力壮,吴克选,王万邦,等.牦牛妊娠后期补饲对其失重和犊牛生长发育的影响[J].吉林农业科学,2013,38(4):56–58.

[4] 文勇立,陈智华,陈宇,等.冷季两种简单补饲影响母牦牛性能的系统分析[J].西南民族学院学报:自然科学版,1993,19(3):236–241.

[5] 卢德勋.饲料组合效应研究[M].北京:中国农业出版社,2000:289–294.

[6] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,1999.

[7] ZHANG J K,LIU J X.Use of *in vitro* gas production to evaluate associative effects on gas production of rice straw supplemented with lucerne[J].Journal of Animal and Feed Sciences,2007,16(Suppl.2):156–160.

[8] 史良.奶牛日粮中粗蛋白与中性洗涤纤维间组合效应的研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2007.

[9] 王威,张建勋,康坤,等.冷季补饲精料对牦牛繁殖性能和生长性能的影响[J].中国畜牧杂

志,2013,49(7):78–80.
[10] 马登录,张海滨,胡江,等.冷季补饲精料对不同年龄段甘南牦牛增重的影响[J].畜牧与兽医,2012,44(11):32–34.
[11] 周立业.不同饲养方式对放牧犊牦牛生长发育及肉品品质的影响[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2007.
[12] 谭支良,卢德勋.提高粗饲料利用效率的系统组合营养技术及其组合效应的研究进展[J].饲料博览,1999,11(7):6–10.
[13] 袁翠林,于子洋,王文丹,等.豆秸、花生秧和青贮玉米秸间的组合效应研究[J].动物营养学报,2015,27(2):647–654.
[14] 孙国强,吕永艳,张杰杰.利用体外瘤胃发酵法研究全株玉米青贮与花生蔓和羊草间的组合效应[J].草业学报,2014,23(3):224–231.
[15] 郭婷,杨雪娇,张越利,等.燕麦品种及其与全株玉米质量比对青贮效果的影响[J].西北农林科技大学学报（自然科学版）,2014,42(9):27–32.

Impact of Roughage Combination Effect on Nutrient Apparent Digestibility of *Sibu* Yak

LIAO Yangci[1,2] BAO Yuhong[1,2] CHEN Shaofeng[2] CAN Muyou[1,2]
(1. *State Key Laboratory of Highland Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement, Lhasa* 850009, *China*; 2. *Institute of Pratacultural, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa* 850009, *China*)

Abstract: In order to seek optimal feed formula that is suitable for *Sibu* yak, this experiment was conducted to study the combination effect of 3 roughages (oat, silage corn and alfalfa, the adding proportion of alfalfa was fixed 10%, and the adding proportion of oat+silage corn was fixed 60%),

*Coressponding author, professor, E-mail： tsamyu122@163.com (责任编辑 菅景颖)

and to measure the nutrient apparent digestibility of various combination diets. The digestion experiment was conducted by selected 30 *Sibu* yak that had similar weight, were divided into 5 groups with 2 replicates per group and 3 yak per replicate. Five experimental diets were formulated, the composition of them as follows: group Ⅰ, 60% oat+10% alfalfa+30% concentrate; group Ⅱ, 45% oat+15% silage corn+10% alfalfa+30% concentrate; group Ⅲ, 30% oat+30% silage corn+10% alfalfa+30% concentrate; group Ⅳ, 15% oat+45% silage corn+10% alfalfa+30% concentrate; group Ⅴ, 60% silage corn+10% alfalfa+30% concentrate. The results showed as follows: the feed intake and total body weight gain in group Ⅲ had the highest values, while the feed/gain had the lowest value. The apparent digestibility of crude protein and ash in groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ was significantly higher than that in groups Ⅳ and Ⅴ （P<0.05）, the apparent digestibility of neutral detergent fiber was significantly higher than that in groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ （P<0.05）, the apparent digestibility of acid detergent fiber was significantly higher than that in other groups （P<0.05）, the apparent digestibility of calcium in groups Ⅰ and Ⅱ was significantly higher than that in group Ⅴ （P<0.05）, and the apparent digestibility of total phosphorus in group Ⅳ was significantly higher than that in groups Ⅱ and Ⅴ （P<0.05）. When having the adding proportion of silage corn as independent variable （X）, the apparent digestibility of crude protein and neutral washing fiber as dependent variables (Y), three regression equations were established and the correlation coefficients （R^2） were 0.987 and 0.937 respectively, which indicated a strong correlation between independent variable and dependent variables. In conclusion, silage corn combined with oat has combination effect on nutrient apparent digestibility of *Sibu* yak, when the adding proportion of silage corn is 30% and the adding proportion of oat is 30%, the indexes of feed/gain, weight gain and nutrient apparent

digestibility of *Sibu* yak can be achieved a better effect, especially the utilization of protein and fiber.

Key words: *Sibu* yak; digestion experiment; apparent digestibility; combination effect